

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для самостоятельной работы, выполнения практических заданий  
и расчетно-графической работы по дисциплине

**«СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»**

*(для студентов 2-4 курсов всех форм обучения  
и слушателей второго высшего образования по направлению  
подготовки 0921 (6.060101) «Строительство» специальности  
7.092108 (7.06010107) «Теплогазоснабжение и вентиляция»)*

Харьков ХНАГХ 2008

Методические указания для самостоятельной работы, выполнения практических заданий и расчетно-графической работы по дисциплине «СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА» (для студентов 2-4 курсов всех форм обучения и слушателей второго высшего образования по направлению подготовки 0921 (6.060101) «Строительство» специальности 7.092108 (7.06010107) «Теплогазоснабжение и вентиляция») / Харьк. нац. акад. город. хоз-ва; сост.: Л. В. Гапонова. – Х.: ХНАГХ, 2008. – 43 с.

Составитель: к.т.н. Л. В. Гапонова

Рецензент: В. В. Гранкина

Рекомендовано кафедрой эксплуатации газовых и тепловых систем, протокол № 12 від 28 грудня 2007 р.

## Практическое занятие № 1

### ТРАНСПОРТНЫЕ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

#### Упражнение 1. Тяговый расчет автомобильного транспорта

*Содержание:* записать уравнения тягового баланса для груженого автомобиля с расшифровкой входящих в него величин; найти максимально возможный подъем при движении груженого автомобиля для случаев: а) полного использования мощности двигателя на всех скоростях, указанных в задании; б) по условиям сцепления колес автомобиля с дорожным покрытием.

Сделать вывод, какой случай является определяющим для заданных конкретных условий.

*Исходные данные* принимают по табл. 1.

#### *Методика расчета*

1. Записать уравнение тягового баланса для груженого автомобиля. В случае движения груженого автомобиля-самосвала к строящемуся объекту развиваемая сила тяги должна быть достаточной для преодоления возникающих сопротивлений движению. Уравнение тягового баланса для груженого автомобиля

$$P_T = P_f + P_i + P_\omega + P_j,$$

где  $P_T$  – сила тяги груженого автомобиля, Н;  $P_f$  – сила сопротивления качению колес автомобиля на прямом горизонтальном участке пути (сопротивление качению по деформации шин и дороги, трение шин о покрытие), Н;  $P_i$  – сила сопротивления движению на подъемах и уклонах, Н;  $P_\omega$  – сила сопротивления воздуха, Н;  $P_j$  – сила инерции, возникающая при разгоне автомобиля, Н.

Рассматриваем случай равномерного движения автомобиля. Это позволяет исключить составляющую  $P_j$  приведенного выше уравнения. Так как автомобиль работает в условиях строительства, где рабочие скорости передвижения невелики (не более 50 км/ч), величиной  $P_\omega$  также пренебрегаем.

Сила тяги автомобиля, Н:

$$P_T = 3600 \cdot \frac{N}{v} \cdot \eta,$$

где  $N$  – эффективная мощность двигателя, кВт, которая приводится в технических характеристиках машин (табл. 2);  $v$  – скорость движения автомобиля, км/ч;  $\eta$  – КПД передачи между двигателем и ведущими колесами; для автомобиля  $\eta = 0,85...0,95$ .

Таблица 1 – Исходные данные

№ варианта	Модель автомобиля- самосвала	Тип покрытия или грунта	Масса перевозимого груза $Q$ , кг	Скорость движения автомобиля, км/ч		
				$v_1$	$v_2$	$v_3$
1	2	3	4	5	6	7
1	ГАЗ-53Б	Сухое асфальтобетонное покрытие	3000	10	20	40
2	МАЗ-503А	Сухая грунтовая дорога	5400	10	30	40
3	КрАЗ-256Б	Грунтовая дорога после дождя	8000	15	20	25
4	МАЗ-530	Влажный песок	15000	10	15	20
5	КамАЗ-5511	Сухой песок	6400	25	35	45
6	КрАЗ-256Б	Укатанный снег	10000	10	20	30
7	ГАЗ-53Б	Сухой песок	2500	15	30	50
8	МАЗ-530	Укатанный снег	25000	20	10	30
9	КамАЗ-5511	Сухая грунтовая дорога	5100	40	30	10
10	КрАЗ-256Б	Сухое асфальтобетонное покрытие	8700	20	10	40
11	МАЗ-503А	Грунтовая дорога после дождя	6300	30	40	20
12	ГАЗ-53Б	Укатанный снег	3200	40	20	50

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
13	МАЗ-530	Сухое асфальтобетонное покрытие	23500	40	10	15
14	КамАЗ-5511	Грунтовая дорога после дождя	8200	10	40	50
15	ГАЗ-53Б	Укатанный снег	2600	20	15	10
16	МАЗ-503А	Сухой песок	4900	15	25	35
17	КрАЗ-256Б	Влажный песок	10200	15	45	25
18	ГАЗ-53Б	Грунтовая дорога после дождя	3100	50	10	25
19	КамАЗ-5511	Укатанный снег	8300	10	30	40
20	МАЗ-530	Грунтовая дорога после дождя	18400	15	10	28
21	КрАЗ-256Б	Сухая грунтовая дорога	9600	40	50	60
22	КамАЗ-5511	Сухое асфальтобетонное покрытие	5800	40	50	60
23	ГАЗ-53Б	Влажный песок	3400	20	40	50
24	МАЗ-503А	Укатанный снег	6500	10	45	20
25	КрАЗ-256Б	Сухое асфальтобетонное покрытие	10600	20	40	30
26	КамАЗ-5511	Влажный песок	6900	45	20	10
27	МАЗ-530	Сухое асфальтобетонное покрытие	20600	30	10	25
28	ГАЗ-53Б	Сухой песок	2100	45	10	55
29	КрАЗ-256Б	Укатанный снег	7700	10	20	30
30	ГАЗ-53Б	Влажный песок	2000	10	60	20

Таблица 2 – Основные характеристики автосамосвалов

Показатель	ГАЗ-53Б	МАЗ-503А	КрАЗ-256Е	МАЗ-530	КамАЗ-5511
Мощность двигателя, кВт	84	132	176	330	132
Масса, кг	3750	7100	10850	38400	9000

Сила сопротивления качению колес автомобиля, Н:

$$P_f = 9,81 \cdot (G + Q) \cdot f,$$

где  $G$  – масса автомобиля, кг (табл. 2);  $Q$  – масса перевозимого груза, кг (табл. 1);  $f$  – коэффициент сопротивления качению, который учитывает сопротивление перекатыванию колеса по покрытию (табл. 3).

Таблица 3 – Коэффициенты сопротивления качению  $f$  и сцепления  $\varphi_c$

Тип покрытия или грунта	Гусеничный ход		Пневмоколесное ходовое оборудование	
	$f$	$\varphi_c$	$f$	$\varphi_c$
Сухое асфальто-бетонное покрытие	0,06		0,015	0,7
Грунтовая дорога сухая укатанная после дождя	0,06-0,07 0,10-0,12	0,9-1,1 0,8-0,9	0,025-0,035 0,05-0,15	0,5 0,2
Песок влажный	0,1-0,12	0,5	0,16	0,4
сухой	0,15	0,4	0,2	0,3
Укатанный снег	0,05	0,4	0,05	0,2-0,5

Сила сопротивления подъему груженого автомобиля, Н:

$$P_i = 9,81 \cdot (G + Q) \cdot i,$$

где  $i = \operatorname{tg} \alpha$  – уклон дороги;  $\alpha$  – угол подъема дорожного покрытия.

При малых углах подъема после расшифровки и принятых допущений уравнение тягового баланса для груженого автомобиля:

$$3600 \cdot \frac{N}{v} \cdot \eta = 9,81 \cdot (G + Q) \cdot (f \pm i).$$

2. Найти максимально возможный подъем при движении груженого автомобиля на скоростях, указанных в исходных данных:

а) максимально возможный подъем для груженого автомобиля при полном использовании мощности двигателя.

$$i_{1\max} = 367 \cdot \frac{N\eta}{v \cdot (G + Q)} - f;$$

б) сила тяги автомобиля  $P_T$  реализуется в том случае, если между колесами и покрытием дороги существует достаточное сцепление. В противном случае колеса автомобиля начнут буксовать, сила тяги ограничивается силой сцепления ведущих колес с дорогой:

$$P_{cy} \geq P_T$$

или

$$\varphi_c G_{cц} = 9,81 \cdot (G + Q) \cdot (f + i),$$

где  $P_{cц}$  – сила тяги по сцеплению;  $\varphi_c$  – коэффициент сцепления (см. табл. 7.3);  $G_{cц}$  – сцепной вес автомобиля ( $G_{cц} = 9,81 (G + Q)$ );  $G_{cц} = 9,81 (0,6...0,75) (G + Q)$  – для автомобилей с одной ведущей осью;  $G_{cц} = 9,81 G$  – для автомобилей повышенной проходимости.

Максимально возможный подъем для груженого автомобиля

$$i_{2\max} = 367 \cdot \frac{G_{cц} \varphi_c}{9,81 \cdot (G + Q)} - f.$$

## Практическое занятие № 2

### Упражнение 1. Тяговый расчет тракторного поезда

*Содержание:* записать уравнение тягового баланса для тракторного поезда с расшифровкой входящих в него величин; определить количество прицепов в поезде при движении на 1-й...8-й передачах при условиях: а) полного использования мощности двигателя; б) обеспечения сцепления движителей с грунтом.

Сделать вывод, какой случай является определяющим для заданных конкретных условий. Исходные данные для расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Исходные данные

№ варианта	Модель трактора	Тип покрытия или грунта	Масса прицепа с грузом $Q_{пр}$ , кг	$\alpha$ , град.
1	2	3	4	5
1	MTЗ-80	Сухое асфальтобетонное покрытие	5800	6
2	T-150K	Сухая грунтовая дорога	18200	10
3	K-700A	Грунтовая дорога после дождя	18200	8
4	MTЗ-80	Укатанный снег	5800	5
5	MTЗ-52	Сухой песок	5800	14
6	MTЗ-6M	Влажный песок	5800	17

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
7	T-158	Укатанный снег	12960	10
8	MT3-80	Грунтовая дорога после дождя	5800	3
9	MT3-6M	Сухой песок	5800	12
10	K-700A	Влажный песок	18200	15
11	T-150K	Сухое асфальтобетонное покрытие	12960	7
12	K-700A	Сухая грунтовая дорога	13850	5
13	MT3-52	Сухая грунтовая дорога	5800	13
14	T-150K	Грунтовая дорога после дождя	12960	10
15	K-700A	Сухое асфальтобетонное покрытие	13850	5
16	T-158	Грунтовая дорога после дождя	18200	3
17	MT3-52	Влажный песок	5800	4
18	MT3-80	Сухой песок	5800	3
19	T-150K	Сухой песок	18200	6
20	MT3-6M	Сухое асфальтобетонное покрытие	5800	2
21	K-700A	Влажный песок	13850	9
22	T-158	Сухой песок	18200	7
23	MT3-6M	Сухая грунтовая дорога	5800	11
24	MT3-80	Укатанный снег	5800	14
25	T-150K	Влажный песок	12960	4
26	K-700A	Укатанный снег	13850	8
27	T-158	Сухая грунтовая дорога	18200	6
28	MT3-52	Сухое асфальтобетонное покрытие	5800	3
29	K-700A	Сухое асфальтобетонное покрытие	13850	5
30	T-158	Сухое асфальтобетонное покрытие	18200	2

*Методика расчета*

1. Записать уравнение тягового баланса для транспортного поезда.

При движении трактора с прицепами сила тяги должна быть достаточной для преодоления возникающих сопротивлений.

Уравнение тягового баланса для тракторного поезда

$$P_T = P_f + P_i + P_{\omega} + P_j + P_{кр},$$

где  $P_T$  – сила тяги трактора, Н;  $P_f$  – сила сопротивления движению трактора на прямом горизонтальном участке пути, Н;  $P_i$  – сила



сопротивления движению трактора на подъемах и уклонах, Н;  $P_{\omega}$  – сила сопротивления воздуха, Н;  $P_j$  – сила инерции, возникающая при разгоне трактора, Н;  $P_{кр}$  – сила тяги на крюке трактора, Н.

Из уравнения исключаем составляющие  $P_j$  и  $P_{\omega}$ , так как движение трактора принимаем равномерным, а сопротивление воздуха при скоростях его передвижения  $v \leq 50$  км/ч незначительно и им можно пренебречь.

Сила сопротивления движению трактора, Н:

$$P_f = 9,81G_{mp}f ,$$

где  $G_{mp}$  – масса трактора, кг (табл. 5);  $f$  – коэффициент сопротивления качению гусениц трактора (см. табл. 3).

Таблица 5 – Основные характеристики тракторов

Показатели	МТЗ-30	МТЗ-52	МТЗ-6М	Т-150К	Т-158	К-700А
Класс тяги, кН	14	14	14	30	30	50
Расчетные скорости движения, км/ч:						
1-ая	2,01	1,56	7,6	8,53	5,07	3,00-18,50
2-ая	3,42	2,65	9,0	10,08	9,14	3,60-22,40
3-ая	7,32	5,60	11,10	11,40	13,30	4,40-27,10
4-ая	8,67	6,85	19,00	13,38	17,20	5,30-32,50
5-ая	10,40	8,15	24,50	18,55	31,10	-
6-ая	12,35	9,55	-	22,0	43,8	-
7-ая	15,15	11,70	-	24,90	-	-
8-ая	17,90	13,85	-	29,12	-	-
Масса трактора, кг	2900	2950	2900	1400	7075	11600
Номинальная мощность двигателя, кВт	55	40	44	120	110	147

Сила сопротивления подъему трактора, Н:

$$P_i = 9,81G_{mp} \sin \alpha ,$$

где  $\alpha$  – угол подъема дорожного покрытия (табл. 4).

Сила тяги на крюке, Н:

$$P_{кр} = 9,81nQ_{np}(f + \sin \alpha),$$

где  $n$  – количество прицепов;  $Q_{np}$  – масса прицепа с грузом, кг (табл. 4).

В окончательном виде, после допущенных заключений, уравнение тягового баланса для тракторного поезда

$$3600 \cdot \frac{N}{v} \cdot \eta = 9,81 \cdot [G_{mp}(f \pm \sin \alpha) + nQ_{np} \cdot (f \pm \sin \alpha)].$$

2. Определить количество прицепов в поезде при движении на 1-й...8-й передачах при условиях: а) полного использования мощности двигателя;

б) обеспечения сцепления движителей с грунтом.

При полном использовании мощности двигателя

$$n_M = \frac{3600 \cdot \frac{N}{v} - G_{mp}(f + \sin \alpha)}{Q_{np} \cdot (f + \sin \alpha)}.$$

Необходимое количество прицепов тракторного поезда определяется на всех указанных скоростях ( $\eta = 0,8$  – КПД машин).

Из условия необходимого сцепления гусениц (колес) с грунтом

$$\varphi_c G_{cy,mp} \geq G_{mp}(f + \sin \alpha) + nQ_{np} \cdot (f + \sin \alpha),$$

где  $\varphi_c$  – коэффициент сцепления (см. табл. 3);  $G_{cy,mp}$  – сцепной вес гусеничного трактора ( $G_{cy,mp} = 9,81 G_{mp}$ );  $G_{cy,mp} = 9,81$  (0,75...0,8)  $G_{mp}$  – для колесных тракторов с одним ведущим мостом.

Необходимое количество прицепов при обеспечении сцепления:

$$n_{cy} = \frac{\varphi_c G_{cy,mp} - G_{mp}(f + \sin \alpha)}{Q_{np} \cdot (f + \sin \alpha)}.$$

### Практическое занятие № 3

#### Упражнение 1. *Определение основных параметров ленточного конвейера*

Содержание: начертить схему наклонного конвейера; определить необходимую ширину ленты конвейера; рассчитать максимальное натяжение ленты и необходимое количество прокладок в ней; выбрать электродвигатель; определить конструктивные размеры барабанов конвейера; подобрать редуктор.

Таблица 6 – Исходные данные

№ варианта	Производительность конвейера $и_k$ , т/ч	Транспортируемый материал	Максимальные размеры кусков $d_{\max}$ , мм	Средняя плотность $I$ , т/м <sup>3</sup>	Длина конвейера $L$ , м	Угол наклона $\beta$ , град	Материал ленты конвейера	Условия работы конвейера
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	100	Шлак рядовой	25	0,65	40	18	Б820	На открытом воздухе, пыльно
2	160	Шлаковый цемент	-	0,90	55	12	ОПБ	Повышенная влажность
3	225	Портланд-цемент	-	1,25	30	10	Б820	Сухое помещение
4	180	Мел	-	1,35	48	22	ОПБ	Нормальная влажность
5	120	Гравий сортированный	40	1,55	63	11	Б820	Повышенная влажность
6	200	Гипс	-	1,30	50	13	ОПБ	Передвижной конвейер, хорошие условия работы

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	180	Песок	-	1,65	25	13	Синтетическая ткань	Сухое помещение
8	130	Земля	-	1,20	30	12	Б820	На открытом воздухе
9	210	Битый кирпич	25	2,2	35	10	ОПБ	В помещении с повышенной влажностью
10	125	Шлак гранулированный сортированный	30	0,70	40	12	Синтетическая ткань	Сухое помещение
11	150	Портландцемент	-	1,40	35	12	Б820	Повышенная влажность
12	160	Щебень гранитный рядовой	40	1,70	55	13	ОПБ	На открытом воздухе, пыльно
13	140	Гравий рядовой	50	1,80	30	12	Б820	Нормальная влажность
14	200	Рядовой мокрый песок	-	1,80	40	19	ОПБ	Повышенная влажность
15	100	Влажная земля	-	1,60	50	16	Синтетическая ткань	Сухое помещение
16	160	Шлаковый цемент	-	1,00	55	13	ОПБ	В помещении с повышенной влажностью
17	160	Песок	-	1,75	15	18	Б820	На открытом воздухе, пыльно

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	150	Мел	-	1,50	30	20	ОПБ	Сухое помещение
19	130	Щебень гранитный сортированный	65	1,60	40	10	Синтетическая ткань	На открытом воздухе, пыльно
20	140	Мокрый шлак	-	0,95	50	11	ОПБ	Нормальная влажность
21	220	Песок	-	1,90	45	220	Б820	В помещении с повышенной влажностью
22	150	Портланд-цемент	-	1,40	30	19	ОПБ	То же
23	130	Земля	-	1,60	20	15	Б820	На открытом воздухе, пыльно
24	180	Гипс	-	1,25	65	17	ОПБ	Сухое помещение
25	100	Шлак рядовой	20	0,70	50	14	Б820	Нормальная влажность
26	225	Щебень гранитный	35	1.5	45	11	ОПБ	То же
27	125	Шлак гранулированный сортированный	25	1,00	25	10	Б820	Сухое помещение
28	160	Гравий рядовой	30	1,55	60	12	ОПБ	На открытом воздухе, пыльно
29	210	Щебень гранитный рядовой	65	1,60	55	11	Синтетическая ткань	Повышенная влажность
30	160	Битый кирпич	30	2,10	35	12	ОПБ	Сухое помещение

Исходные данные приводят в табл. 6.

### Методика расчета

1. Начертить расчетную схему ленточного конвейера (рис. 1).
2. Определить необходимую ширину ленты по заданной производительности.

Расчет ширины ленты:

$$B = \sqrt{\frac{P_k C}{3600 \cdot 0,11 v I}},$$

где  $P_k$  – производительность конвейера, т/ч;  $C$  – коэффициент, учитывающий снижение производительности при установке конвейера под углом  $\beta$ : при  $\beta = 10 \dots 15^\circ$ ,  $C = 0,95$ ;  $\beta = 16 \dots 20^\circ$ ,  $C = 0,9$ ;  $\beta = 20 \dots 22^\circ$ ,  $C = 0,86$ ;  $v$  – скорость движения ленты, м/с;  $I$  – средняя плотность материала, т/м<sup>3</sup>.

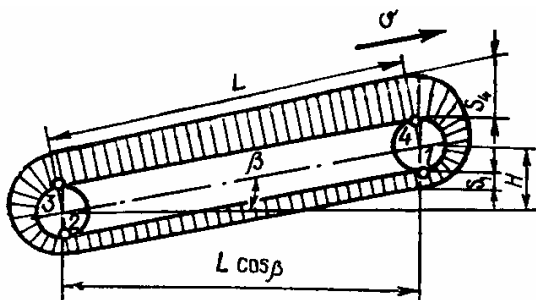


Рис. 1 – Расчетная схема конвейера

Скорость движения ленты назначают в зависимости от рода транспортируемого груза, м/с: для гравия и щебня  $v = 1,0 \dots 1,5$ ; шлака  $v = 0,5 \dots 1,0$ ; пылевидных материалов  $v = 0,8 \dots 1,0$ ; песка и земли  $v = 1,0 \dots 2,5$ .

Ширина конвейерной ленты, определенная из условий заданной производительности, должна быть проверена по крупности транспортируемого материала:  $B_k = 2,5d_{\max} + 0,2$  м – для рядового материала;  $B_k = 3,5d_{\max} + 0,2$  м – для сортированного материала.

Для дальнейших расчетов принимают большее значение ширины ленты из полученных. Окончательно ширину ленты выбирают из нормального ряда, округлив расчетное значение ширины до ближайшего большего: 0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0 (ГОСТ 22644-77 (СТ СЭВ 1333-78)).

После выбора стандартной ширины ленты уточняют рабочую скорость движения ленты, м/с:

$$v_{\text{точн}} = \frac{B^2}{B_0^2} v,$$

где  $B$  – расчетная ширина ленты, м;  $B_0$  – принятое значение ширины ленты по стандарту, м;  $v$  – предварительно выбранная скорость, м/с.

3. Определить необходимое количество прокладок конвейерной ленты:

$$z = 1,1 \frac{S_{\text{наиб}}}{B_0 [\sigma'_p]},$$

где  $S_{\text{наиб}}$  – наибольшее натяжение ленты, Н;  $B_0$  – принятая стандартная ширина ленты, см;  $[\sigma'_p]$  – удельное допускаемое напряжение 1 см одной прокладки, Н/см.

Для каждой стандартной ширины ленты имеется допускаемый диапазон количества прокладок (для  $B_0 = 0,3$   $z = 3...5$ ;  $B_0 = 0,4$   $z = 6...8$ ;  $B_0 = 0,5...0,6$   $z = 8...9$ ;  $B_0 = 0,7$   $z = 9...10$ ;  $B_0 = 0,8...1,0$   $z = 10...11$ ;  $B_0 > 1,0$   $z = 11...12$ ).

Допускаемое напряжение ленты на разрыв

$$[\sigma'] = \frac{\sigma_p}{k_1},$$

где  $k_1$  выбирают в зависимости от ширины ленты и ее числа прокладок:  $k_1 = 9$  при  $z = 2...3$ ;  $k_1 = 9,5$  при  $z = 4...5$ ;  $k_1 = 10$  при  $z = 6...8$ ;  $k_1 = 11,0$  при  $z = 9...12$ .

Предел прочности на растяжение зависит от применяемого материала ленты: для бельтинга Б820  $\sigma_p = 600$  Н/см; бельтинга ОПБ  $\sigma_p = 1300$  Н/см; синтетической ткани  $\sigma_p = 3000$  Н/см.

4. Наибольшее натяжение ленты определить методом обхода по тяговому контуру (см. рис. 1). На схеме конвейера проставить основные характерные точки. Точка 1 сбегающая ленты с приводного барабана (или точка с минимальным натяжением) принимается за

начало обхода по контуру. В точке 1 согласно схеме лента конвейера имеет наименьшее  $S_1$ . Тогда усилие в точке 2, Н:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2},$$

где  $W_{1-2}$  – сопротивление на порожней ветви конвейера, Н.

Усилие в точке 3 тягового контура конвейера:

$$S_3 = k_2 S_2 = k_2 (S_1 + W_{1-2}),$$

где  $k_2$  – коэффициент сопротивлений. При угле обхвата натяжного барабана  $\alpha = 180^\circ$   $k_2 = 1,05 \dots 1,06$ .

Усилие в точке 4, Н:

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = k_2 (S_1 + W_{1-2}) + W_{3-4},$$

где  $W_{3-4}$  – сопротивление на наклонном участке грузовой ветви конвейера.

Для определения усилий  $S_1$  и  $S_4$  найти сопротивления  $W_{1-2}$  на участке 1-2 и  $W_{3-4}$  на участке 3-4, Н:

$$W_{1-2} = (q_l \cos \beta + q_{p,n}) L W - q_l L \sin \beta, \text{ Ц}$$

где  $q_l$  – линейная сила тяжести ленты, Н/м;  $\beta$  – угол наклона конвейера;  $q_{p,n}$  – линейная сила тяжести вращающихся элементов роlikоопор порожней ветви ленты, Н/м;  $L$  – длина конвейера, м;  $W$  – коэффициент сопротивления движению ленты по роlikоопорам:

<i>Условия работы конвейера</i>	<i>W</i>
В чистом сухом помещении без пыли	0,02
В нормальном помещении с нормальной влажностью при наличии небольшого количества абразивной пыли	0,025
Передвижные конвейеры при хороших условиях работы	0,03
В неотапливаемых помещениях с повышенной влажностью или на открытом воздухе, где есть большое количество абразивной пыли	0,04



Линейная сила тяжести ленты, Н/м:

$$q_l = (245...340)B_0.$$

Линейная сила тяжести вращающихся элементов роликоопор порожней ветви ленты, Н/м:

$$q_{p.n} = 9,81 \frac{m_p}{l_x},$$

где  $m_p$  – масса вращающихся элементов роликоопор, кг (табл. 7);

$l_x = 2,5...3,0$  — расстояние между роликоопорами в порожней ветви, м.

Таблица 7 – Масса вращающихся элементов роликоопор  $m_p$

Ширина ленты, м	Желобчатая роликоопора			
	в нормальном исполнении		в тяжелом исполнении	
	диаметр ролика, мм	масса, кг	диаметр ролика, мм	масса, кг
0,40	102	10,0	-	-
0,50	102	11,5	-	-
0,65	102	12,5	-	-
0,80	127	22,0	159	45,0
1,00	127	25,0	159	50,0
1,20	127	29,0	159	57,0
1,40	159	50,0	194	108,0
1,6	-	-	194	116,0
2,0	-	-	219	190,0

Сопротивление на участке 3-4:

$$W_{3-4} = [(q + q_l) \cos \beta + q_{p.ep}] L W + (q + q_l) L \sin \beta,$$

где  $q$  – линейная сила тяжести транспортируемого груза, Н/м:

$$q = \frac{\Pi_k \cdot 9,81}{3,6v_{\text{точн.}}},$$

$q_{p.ep}$  – линейная сила тяжести вращающихся элементов роликоопор груженой ветви, Н/м:

$$q_{p.ep} = 9,81 \frac{m_p}{l_{ep}},$$

где  $l_{cp} \approx 1,1 \dots 1,5$  м – расстояние между роlikоопорами грузеной ветви конвейера.

Силы натяжения  $S_1$  и  $S_4$  связаны отношением

$$S_4 \leq S_1 e^{\mu \alpha},$$

где  $e$  – основание натурального логарифма;  $\mu$  – коэффициент трения между барабаном и лентой;  $\alpha$  – угол обхвата лентой поверхности приводного барабана, рад.

Значение  $e^{\mu \alpha}$  выбирать по табл. 8. Определить  $S_1$  и  $S_4$ :

$$\begin{cases} S_4 = k_2(S_1 + W_{1-2}) + W_{3-4}; \\ S_4 = S_1 e^{\mu \alpha}. \end{cases}$$

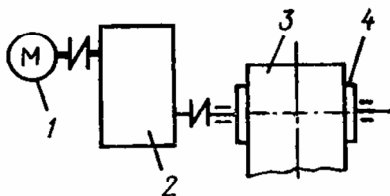


Рис. 2 – Схема привода конвейера:

1 – двигатель; 2 – редуктор; 3 – лента; 4 – барабан

Зная наибольшее натяжение ленты  $S_4$ , определяем количество прокладок в ленте  $z$ . Найденное количество прокладок должно лежать в указанных диапазонах.

Если по расчету требуемое количество прокладок больше предусмотренного, необходимо принять большую стандартную ширину ленты  $B_0$  и произвести перерасчет величины  $z$ .

5. Выбрать привод-конвейера.

Схема привода ленточного конвейера дана на рис. 2.

Таблица 8 – Значение  $e^{\mu\alpha}$  для различных углов  $\alpha$

Вид барабана и условия работы	$e^{\mu\alpha}$ для углов обхвата, град			
	180	210	240	300
Чугунный (стальной) барабан, повышенная влажность	1,37	1,44	1,52	1,69
Барабан с деревянной или резиновой обшивкой, повышенная влажность	1,60	1,73	1,87	2,19
Чугунный (стальной) барабан, большая влажность	1,87	2,08	2,31	2,85
Чугунный (стальной) барабан, сухое помещение	2,56	3,0	3,51	4,81
Барабан с деревянной обшивкой, сухое помещение	3,00	3,61	4,33	6,25
Барабан с резиновой обшивкой, сухое помещение	3,51	4,33	5,34	8,12

Необходимая мощность двигателя, кВт:

$$N = \frac{Wv_{\text{точн}}}{1000\eta},$$

где  $W$  – необходимое тяговое усилие на приводном барабане конвейера, Н;  $\eta = 0,75...0,80$  – КПД привода барабана.

Тяговое усилие на барабане конвейера, Н:

$$W = S_{нб} - S_{сб} = S_4 - S_1,$$

где  $S_{нб}$  – натяжение набегающей ветви ленты, Н;  $S_{сб}$  – натяжение сбегающей ветви ленты, Н.

Мощность электродвигателя, кВт,  $N_{\text{уст}} = k_3 N$ , где  $k_3 = 1,1...1,15$  – коэффициент запаса мощности двигателя.

По  $N_{\text{уст}}$ , пользуясь табл. 9, подобрать серийный электродвигатель.

6. Определить основные конструктивные размеры барабанов конвейера.

Диаметр приводного барабана, мм:

$$D_{\text{прив}} = (120...150)z.$$

Таблица 9 – Характеристики двигателей

Марка двигателя	Мощности на валу $N$ , кВт		Частота вращения вала $n$ , мин <sup>-1</sup>		Масса, кг
	ПВ = 25%	ПВ = 40%	ПВ = 25%	ПВ = 40%	
MT-42-8	16,0	13,0	718	724	280
MT-51-8	22,0	17,0	723	728	435
MT-52-8	30,0	25,5	725	730	530
MT-61-10	30,0	24,0	574	579	715
MT-62-10	45,0	36,0	577	582	945
MTK-011-6	1,4	1,1	840	885	47
MTK-012-6	2,2	1,8	830	870	53
MTK III-6	3,5	2,8	875	900	70
MTK 112-6	5,0	4,2	875	900	80
MTK 211-6	7,5	6,0	800	910	ПО
MTB 311-6	11,0	9,0	900	920	155
MTB 312-6	16,0	13,0	900	925	195
MTB 412-6	30,0	24,0	935	950	315
MTB 311-8	7,5	6,0	670	690	155
MTB 312-8	11,0	8,5	680	700	195
MTB 411-8	16,0	13,0	685	700	255
MTB 311-6	11,0	7,5	945	945	155
MTB 312-6	16,0	11,0	955	950	195
MTB 411-6	22,0	16,0	965	957	280
MTB 412-6	30,0	22,0	970	960	315
MTB 312-8	11,0	7,5	710	695	195
MTB 411-8	16,0	11,0	715	710	255
MTB 412-8	22,0	16,0	720	715	315
MTB 512-8	40,0	30,0	730	716	490
4AC80A6Y3	0,9	0,8	1000	860	24
4AC906Y3	-	17	-	900	27
4AC1006Y3	-	2,6	-	920	47
4AC112MA6Y3	3,8	3,2	1000	910	80
4AC132 6Y3	7,5	6,3	1000	940	100
4AC132M6Y3	10,0	8,5	1000	940	125

Диаметр натяжного барабана, мм;

$$D_{\text{б.нат}} = 100z .$$

Длина барабана, мм;

$$L_{\text{б}} = B_0 + 100 ,$$

где  $B_0$  – ширина ленты, мм.

Таблица 10 – Мощности на ведущем валу, кВт

Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Передаточное число									ПВ, %
	8,32	9,8	12,41	16,3	19,88	24,9	32,42	41,34	50,94	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Редуктор Ц2-200										
600	7,7	6,8	6,1	5,8	5,4	4,4	3	2,4	2	25
	5,9	5,2	4,2	3,9	3,6	2,5	1,6	1,6	1,1	40
	4,6	3,8	3,3	2,1	1,7	1,3	0	0,7	0,5	100
750	9,3	8	6,7	6,2	5,5	5,4	3,8	3,2	2,7	25
	7,2	6,1	4,8	4,2	3,7	2,7	1,8	1,8	1,3	40
	5,7	4,8	3,8	2,6	2,1	1,7	1,3	0,8	0,7	100
1000	11,5	10	8	7,9	6,6	5,4	4,1	4,1	3,7	25
	8,8	7,8	6,1	5,9	4,2	3,2	2,1	2,1	1,6	40
	7,65	6,3	5,1	3,4	2,8	2,2	1,7	1,1	0,9	100
Редуктор Ц2-250										
600	19,3	17,1	15,2	11,3	9,4	7	5,2	4,3	3,9	25
	14,2	12,5	9,9	7,2	6,4	5,5	3,6	3	2,6	40
	7,9	6,7	5,3	3,6	2,9	2,3	1,8	1,2	2	100
750	23	19,7	16,6	13,5	11,1	9,4	7,6	5,6	4,2	25
	16,6	14,5	12,3	8,3	7,3	6,9	4,5	3,5	3	40
	9,1	8,3	6,6	4,5	3,7	2,9	2,2	1,5	1,2	100
1000	27,1	23,8	20,5	17,3	14,1	11,7	9,2	7,3	6	25
	17,8	15,6	14,1	10,2	8,9	7,6	5	4,2	3,5	40
	12	10	8	6	4,9	3,9	3	2	1,6	100
Редуктор Ц2-350										
600	45,7	39,6	34	26,8	22,3	16,6	12	10,2	9,4	25
	34	29,4	25,7	17,2	15,2	13	11	7,2	6,3	40
	17,1	16	12,5	8,5	7	5,5	4,3	4,9	2,3	100

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
750	61	52	43,5	32	26,5	22,4	16,6	13,4	11,1	25
	35,8	31,6	29,2	19,5	17,7	16,6	12,9	8,4	7,3	40
	21,4	18	14,3	10,7	8,7	6,9	5,4	3,6	2,9	100
1000	71,9	61,2	50,8	37,1	33,5	2,71	21,8	17,3	14,5	25
	42,8	39	33	24,1	21,1	18,1	15,6	10,2	9	40
	28,7	23,9	19,2	19,9	11,7	9,2	7,1	4,9	3,9	100
Редуктор Ц2-500										
600	137	120	113	82,5	75,2	63,3	42,7	34,5	31,8	25
	102	90,6	77	53,6	51	44,1	28,7	24,1	20,4	40
	57,8	49	38,7	26,3	23,6	19	14,3	10	8	100
750	163	140	112	103	83,2	75,6	52,7	42,2	37	25
	121	106	84,7	61	58,7	51,5	32,8	28,4	23,3	40
	72,5	61,2	48,4	32,9	29,6	23,6	18,2	12,4	10	100
1000	197	178	143	122	104	91,7	68,6	58,5	49	25
	145	132	103,2	74,2	65,4	52,8	40,2	37	28,5	40
	100	82	64	44	36	31,4	24	16,5	13,5	100

7. Подобрать редуктор.

Передаточное число редуктора

$$u = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{б}}},$$

где  $n_{\text{дв}}$  – частота вращения двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $n_{\text{б}}$  – частота вращения барабана,  $\text{мин}^{-1}$ :

$$n_{\text{б}} = \frac{60u_{\text{уточн.}}}{\pi D_{\text{б.прив}}}$$

По  $u$ ,  $N_{\text{уст}}$  и  $n_{\text{дв}}$ , пользуясь табл. 10, выбрать редуктор.

После завершения расчета заполнить табл. 11.

Таблица 11 – Основные конструктивные и рабочие параметры ленточного конвейера

Параметры	Единица измерения	Численное значение
Расчетная ширина ленты В	м	
Стандартная ширина ленты $B_0$	м	
Необходимое количество прокладок конвейерной ленты $z$	шт.	
Размеры барабанов		
приводного		
- диаметр $D_{б.прив}$	мм	
- длина $L_б$	мм	
натяжного		
- диаметр $D_{б.нат}$	мм	
Электродвигатель привода конвейера		
тип		
$N$	кВт	
$n$	мин <sup>-1</sup>	
Редуктор		
тип		
$u$		
$N$	кВт	
$n$	мин <sup>-1</sup>	

#### Практическое занятие №4

##### Упражнение 1. *Определение производительности и необходимого количества транспортных единиц, обслуживающих одноковшовый погрузчик*

*Содержание:* определить эксплуатационную производительность одноковшового погрузчика; найти необходимое количество транспортных единиц, обслуживающих погрузчик.

Исходные данные приведены в табл. 12.

Таблица 12 – Исходные данные

№ варианта	Разрабатываемый грунт	Марка погрузчика	Марка автомобиля-самосвала	$t_1$ , с	$t_2$ , с	$t_3$ , с	$l_1$ , м	$l_2$ , км	$l_3$ , км
1	Рыхлый грунт	ТО-7	ЗИЛ-ММЗ-555	4	4	8	6	15	20
2	Влажный песок	ТО-5	КрАЗ-256Б	5		9	5	20	30
3	Гравий	ТО-10	КрАЗ-256Б	6		10	2	25	30
4	Щебень	ТО-21	БелАЗ-549	7		10	4	10	15
5	Скальный грунт	ТО-24	БелАЗ-548А	4		9	5	15	20
6	Рыхлый грунт	ТО-5	КрАЗ-256Б	5	6	8	5	20	25
7	Влажный песок	ТО-8	КрАЗ-256Б	6		8	6	25	30
8	Гравий	ТО-10	МАЗ-525	7		9	8	30	40
9	Щебень	ТО-11	МАЗ-525	5		9	7	35	45
10	Скальный грунт	ТО-21	БелАЗ-549	6		10	4	20	30
11	Рыхлый грунт	ТО-8	КрАЗ-256Б	7	5	8	5	30	35
12	Гравий	ТО-11	МАЗ-525	4		9	6	20	20
13	Влажный песок	ТО-7	ЗИЛ-ММЗ-555	5		10	4	10	15
14	Щебень	ТО-8	КрАЗ-256Б	4		9	5	15	20
15	Скальный грунт	ТО-24	БелАЗ-548А	5		10	6	25	30
16	Влажный песок	ТО-11	КрАЗ-256Б	6	4	8	4	20	25
17	Гравий	ТО-12	КрАЗ-256Б	5		8	5	25	30
18	Щебень	ТО-24	БелАЗ-548А	4		9	6	30	35
19	Скальный грунт	ТО-8	КрАЗ-256Б	5		10	7	35	40
20	Рыхлый грунт	ТО-5	КрАЗ-256Б	6		10	4	40	45
21	Гравий	ТО-17	ГАЗ-53Б	6	6	9	5	15	20
22	Щебень	ТО-11	КрАЗ-256Б	5		8	4	20	25
23	Скальный грунт	ТО-24	БелАЗ-548А	4		9	6	25	30
24	Рыхлый грунт	ТО-10	МАЗ-503Б	7		10	7	30	30
25	Влажный песок	ТО-7	ГАЗ-53Б	4		8	8	35	35
26	Щебень	ТО-11	МАЗ-503Б	5	4	9	4	15	20
27	Гравий	ТО-8	КрАЗ-256Б	6		10	5	20	25
28	Влажный песок	ТО-17	ЗИЛ-ММЗ-585А	5		8	4	30	35
29	Скальный грунт	ТО-24	БелАЗ-548А	4		9	6	35	40
30	Щебень	ТО-10	МАЗ-525	7	5	10	8	10	15



### Методика расчета

1. Эксплуатационная часовая производительность одноковшового погрузчика, м<sup>3</sup>/ч:

$$П_{\text{эспл}} = \frac{3600qk_n}{k_p t_n},$$

где  $q$  – геометрическая вместимость ковша погрузчика, м<sup>3</sup> (табл. 13);  $k_n$  – коэффициент наполнения ковша погрузчика;  $k_p$  – коэффициент разрыхления грунта;  $t_n$  – время рабочего цикла погрузчика, с.

Значения коэффициента  $k_n$  даны в табл. 14.

Среднее значение коэффициента разрыхления грунта  $k_p$  для разрабатываемых видов грунтов: песок 1,1...1,5; гравийно-щебеночные грунты 1,16...1,15; рыхлый грунт 1,20...1,26; скальный грунт 1,24...1,30.

Время рабочего цикла, с:

$$t_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7,$$

где  $t_1$  – время наполнения ковша (см. табл. 12);  $t_2$  – время на отъезд от забоя (см. табл. 12);  $t_3$  – время на подъезд к транспорту:

$$t_3 = \frac{l_1}{v},$$

здесь  $l_1$  – длина пути перемещения к транспорту, м (см. табл. 10);  $v$  – соответствующая скорость (см. табл. 13);  $t_4$  – время разгрузки ( $t_4 = 2...3$  с);  $t_6$  – время на подъезд к забою (см. табл. 12);  $t_6$  – время маневрирования транспорта ( $t_6 = 6...8$  с);  $t_7$  – время на переключение скоростей ( $t_7 = 5...10$  с).

Погрузчик обычно передвигается на первой или второй передаче. Соответственно скорость для определения выбирают из технической характеристики погрузчика согласно варианту табл. 12. Технические характеристики одноковшовых погрузчиков приведены в табл. 13.

2. Эффективность использования погрузчиков в значительной мере зависит от организации их совместной работы с транспортными средствами. В качестве транспортного средства в данном упражнении используется автомобиль-самосвал.

Таблица 13 – Характеристики одноковшовых погрузчиков

Показатель	ТО-7	ТО-12	ТО-10	ТО-5	ТО-17	ТО-11	ТО-8	ТО-24	ТО-21
Марка тягача	ДТ-75Б	Т-4П	Т-130П	Д-804ПГ	Спецшасси с шарнирно-сочлененной рамой	К-702	МоАЗ-542А	ТП-330	Спецшасси
Марка двигателя	СМД-14	АМ-41	Д-130	Д-180	АМ-41	ЯМЗ-238НБ	ЯМЗ-238	8ДВТ-330	В2-550ТК-П5
Тип погрузчика	Фронтальный		Универсальный	Фронтальный	Универсальный		Фронтальный		
Максимальная грузоподъемность, т	2	3	4	5	2	4	5	10	15
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	2,0	2,8	5,0	7,5
Ширина ковша, мм	2050	2340	2900	3032	2330	2770	3100	3700	4400
Рабочее давление, МПа	10	10	10	10	10	10	10	14,5	16
Скорость передвижения, км/ч, вперед	3,55-19,24	2,89-74	3,84-10,65	2,74-12,5	0-32,9	0-40	0-40	0-3,56-13,46	0-7-43
назад	4,44	4,07-6,11	6,25-8,63	3,08-7,83	0-21,1	0-40	0-40	0-3,56-13,46	0—25
Масса, кг	9651	12565	20500		8500	15850	19300	53615	61950

К работающему погрузчику транспорт необходимо подавать бесперебойно. Грузоподъемность транспортной единицы должна быть в целое число раз больше массы грунта, заполнившего ковш:

$$n_c = \frac{Qk_p}{qk_n I},$$

где  $n_c$  – целое число выгрузок грунта в кузов транспортного средства;  $Q$  – грузоподъемность транспортной единицы, т (табл. 15);  $I$  – плотность грунта, т/м<sup>3</sup> (см. табл. 12).

Таблица 14 – Коэффициент  $k_n$  и плотность  $I$  различных грунтов

Грунт	$I$ , т/м <sup>3</sup>	$k_n$
Рыхлый грунт	1,6	0,80...0,90
Влажный песок	1,7	0,75
Гравий	1,8	0,6
Щебень	1,75	0,5
Скальный грунт	1,75	0,4

Таблица 15 – Основные технические характеристики автомобилей-самосвалов

Показатель	ГАЗ-53Б	ЗИЛ-ММЗ-585Л	ЗИЛ-ММЗ-555	МАЗ-503Б	КрАЗ-256В	МАЗ-525	БелАЗ-548А	БелАЗ-549
Грузоподъемность, т	3,5	3,5	4,5	7,0	11,0	25,0	40,0	75,0
Объем кузова, м <sup>3</sup>	5,0	2,44	3,0	3,8	6,0	14,3	26,0	49,7
Максимальная скорость, км/ч	85	65	80	75	65	30	55	57
Масса в снаряженном состоянии (без груза), кг	3750	4175	4575	6750	11400	24380	26925	52800

Количество транспортных единиц, обслуживающих погрузчик:

$$n_0 = \left[ \frac{P_{\text{экспл}} t'_y}{Q k'_e} \right] + 1,$$

где  $P_{\text{экспл}}$  – эксплуатационная часовая производительность погрузчика, т/ч;  $t'_y$  – время цикла транспортной единицы без учета времени простоя под погрузкой:

$$t'_y = \frac{l_2}{v_{ep}} + \frac{l_2}{v_{x.x}} + t_p + t_{нов},$$

здесь  $l_2, l_3$  – длина пути движения груженого и порожнего транспорта, км (см. табл. 12);  $v_{ep}, v_{x.x}$  – средние скорости движения груженого и порожнего транспорта, км/ч. Для расчетов принять  $v_{ep} = 20$  км/ч;  $v_{x.x} = 30$  км/ч;  $t_p = 0,005...0,02$  – время разгрузки транспорта, ч;  $t_{нов} = 0,009...0,013$  – время поворота транспортного средства, ч;  $k'_e = 0,85...0,9$  – коэффициент использования транспорта по времени.

## Практическое занятие № 5

### Упражнение 1. Грузоподъемные машины. Расчет и выбор параметров лебедки

*Содержание:* начертить схему запасовки каната согласно своему варианту; определить общий коэффициент полезного действия подъемного механизма; подобрать стальной канат; определить длину, диаметр и канатоемкость барабана лебедки; определить необходимую мощность при установившемся движении и выбрать электродвигатель; подобрать редуктор; определить, для какой грузоподъемной машины выполнен расчет лебедки.

Исходные данные для расчета приводят в табл. 16.

#### Методика расчета

1. Начертить схему канатного полиспаста в соответствии с вариантом задания (рис. 3).
2. Определить общий коэффициент полезного действия подъемного механизма:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{пол}} \eta_{\text{обв. бл}},$$

где  $\eta_{\text{пол}}$  – КПД полиспаста;  $\eta_{\text{обв. бл}}$  – КПД обводных (отклоняющих) блоков.

Таблица 16 – Исходные данные

Схема по рис. 12.1	Машина	Масса груза $Q$ , кг	Скорость подъема груза $v_{\text{гр}}$ , м/с	Высота подъема груза $H$ , м	Продолжитель- ность включения ПВ, %
1	2	3	4	5	6
б	Башенный кран	2000	1,2	60	25
в	- // -	1700	1,2	70	40
б	- // -	800	0,9	35	40
в	- // -	4500	1,0	60	25
г	Козловой кран	8200	0,17	15	25
а	Строительный подъемник	700	0,6	50	40
б	Башенный кран	5200	0,65	78	25
а	Строительный подъемник	750	0,6	35	40
б	Башенный кран	4600	0,95	63	40
в	- // -	4700	0,80	70	40
б	- // -	5400	0,75	75	25
а	Козловой кран	7300	0,12	22	15
б	Башенный кран	6850	0,5	55	40
б	- // -	4750	0,5	65	40
в	- // -	4900	0,7	43	25
в	- // -	6000	0,9	50	25
б	- // -	3800	0,6	68	40
в	- // -	3300	0,5	38	40
в	- // -	7900	0,7	58	40
б	- // -	3750	0,8	30	25
е	Козловой кран	5500	0,14	25	40
а	Строительный подъемник	300	0,5	30	40
б	Башенный кран	4800	0,6	67	25
а	Строительный подъемник	500	0,4	45	25
в	Башенный кран	5300	0,5	67	40

1	2	3	4	5	6
г	Козловой кран	4900	0,33	28	25
а	Строительный подъемник	420	0,5	20	40
а	Башенный кран	6650	0,6	60	25
б	- // -	5750	1,0	55	40
г	Козловой кран	8000	0,12	15	25
а	Башенный кран	4650	1,0	70	40
б	- // -	7300	0,82	63	40
а	Строительный подъемник	800	0,5	90	25

Примечание: Для вариантов: в строительном подъемнике, диаметр барабанов лебедки  $D_{\bar{o}} = 230$  мм;  $D'_{\bar{o}} = 370$  мм; в башенном кране и козловом –  $D_{\bar{o}} = 410$  мм;  $D'_{\bar{o}} = 670$  мм.

Для полиспаста, у которого тянущая ветвь сходит с верхнего неподвижного блока:

$$\eta_{пол} = \frac{\eta_{\bar{o}л} \frac{1 - \eta_{\bar{o}л}^z}{1 - \eta_{\bar{o}л}}}{i_{пол}},$$

а при сбегании каната с нижнего подвижного блока

$$\eta_{пол} = \frac{1}{1 + i_{пол}} \frac{1 - \eta_{\bar{o}л}^z}{1 - \eta_{\bar{o}л}},$$

где  $\eta_{\bar{o}л} = 0,98$  – КПД одного блока;  $i_{пол}$  – кратность полиспаста;  $z$  – число блоков в полиспасте.

3. Подобрать стальной канат.

В грузоподъемных машинах применяют преимущественно канаты двойной свивки типа ЛК с шестью рядами в поперечном сечении и числом проволок в каждой 19-37. Подбирают стальной канат по допускаемому разрывному усилию, Н:

$$R = kP_{\kappa},$$

где  $k$  – коэффициент запаса прочности каната на разрыв в зависимости от режима работы лебедки (15% - легкий:  $k = 5$ ; 25% - средний:  $k = 5,5$ ; 40 % - тяжелый:  $k = 6,0$ );  $P_{\kappa}$  – максимальное рабочее усилие в канате, Н.

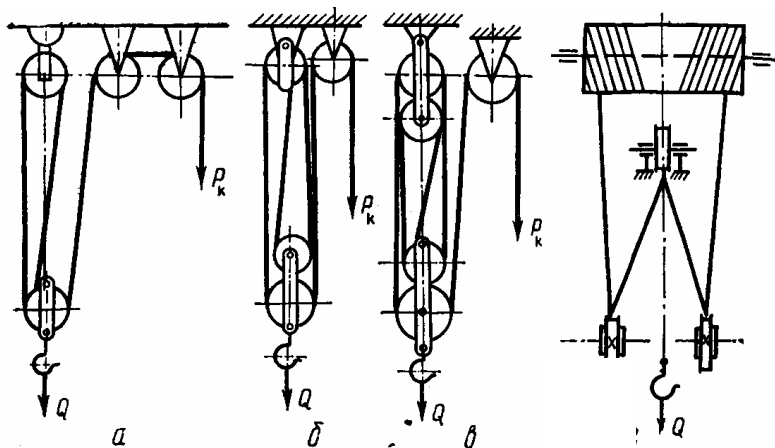


Рис. 3 – Схемы полиспастов (а, б, в, г – варианты заданий)

Выбрать канат следует с учетом среднего временного сопротивления разрыву  $\delta_{раз}$ .

Максимальное рабочее усилие в канате, навиваемом на барабан при подъеме,

$$P_k = \frac{9,81Q(Q'_{расч})}{i_{пол}n_{общ}},$$

где  $Q$  – масса поднимаемого груза, кг (для кранов);  $Q_{расч} = (Q + m_{г.пл})$ , кг (для строительных подъемников); здесь  $m_{г.пл}$  – масса грузовой платформы ( $m_{г.пл}$  принять 150 кг).

Необходимый диаметр каната и все его данные на основании расчетного разрывного усилия каната приведены в табл. 17.

4. В соответствии с исходными данными правильно выбрать конструктивные размеры барабана лебедки. Барабаны для канатов выполняют сварными или литыми. Их поверхность может быть гладкой или с канавками для каната (рис. 4). Размеры профиля канавок на барабане приведены в табл. 18.

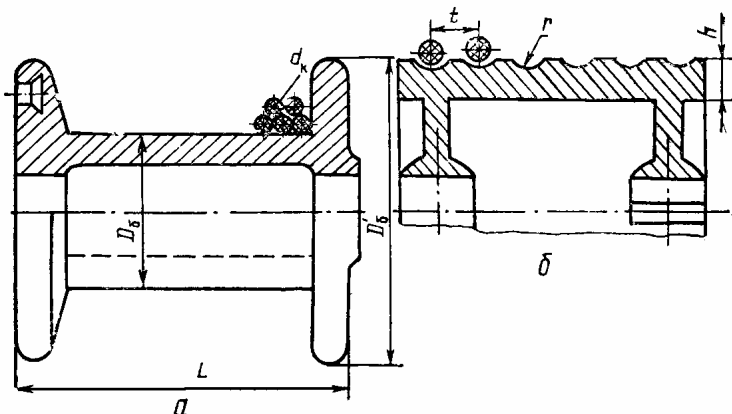


Рис. 4 – Разновидности барабанов лебедок:  
а – гладкий; б – с канавками

Рабочая длина барабана определяется:

а) при многослойной навивке

$$L_{\bar{\sigma}} = \frac{L_{\kappa} t}{[\pi m (D_{\bar{\sigma}} + d_{\kappa} m)]};$$

б) при однослойной навивке

$$L_{\bar{\sigma}} = \frac{L_{\kappa} t}{[\pi (D_{\bar{\sigma}} + d_{\kappa})]},$$

где  $L_{\kappa}$  – длина каната, навиваемого на барабан;  $t$  – шаг витков каната (при навивке каната на гладкий барабан  $t = d_{\kappa}$ );  $m$  – число слоев навивки каната. Длина каната, навиваемого на барабан:

$$L_{\kappa} = i_{\text{пол}} H + 2\pi (D_{\bar{\sigma}} + d_{\kappa}),$$

где  $H$  – заданная высота подъема груза.

Число слоев навивки каната на барабан:

$$m = \frac{D'_{\bar{\sigma}} - D_{\bar{\sigma}}}{2d_{\kappa}} - 2,$$

где  $D'_{\bar{\sigma}}, D_{\bar{\sigma}}$  – диаметры барабанов лебедки (см. примечание к табл. 15).



Таблица 17 – Разрывное усилие  $R$ ,  $H$ , стальных канатов  
(ГОСТ 2688-80); канатов двойной свивки типа ЛК-Р

Диаметр каната, мм	Масса 1 м каната, кг	Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )			
		1370 (140)	1570 (160)	1770 (180)	1960 (200)
8,3	0,256	-	34800	38150	41600
9,1	0,305	-	41550	45450	49600
9,9	0,359	-	48850	53450	58350
11,0	0,462	-	62850	68800	75100
12,0	0,527	-	71750	78550	85730
13,0	0,597	71050	81250	89000	97000
14,0	0,728	86700	98950	108000	118000
15,0	0,804	100000	114500	125500	137000
16,5	1,025	121500	139000	152000	166000
18,0	1,220	145000	166000	181500	198000
19,5	1,405	167000	191000	209000	228000
21,0	1,635	194500	222000	243500	265500
22,5	1,850	220000	251000	275000	303500
23,5	2,110	250500	287000	314000	343000
25,5	2,390	284000	324500	355500	388500
27,0	2,585	319000	365000	399500	436500

Расчетное число слоев навивки каната на барабан округляют до целого числа (большого). Канатоемкость барабана

$$L = \frac{\pi L_{\bar{o}} m (D_{\bar{o}} + m d_{\kappa})}{d_{\kappa}}.$$

Пригодность лебедки по канатоемкости определяют из условия

$$L_{\kappa} < L.$$

5. Выбрать двигатель. Необходимая мощность двигателя определяется по максимальному рабочему усилию в канате  $P_{\kappa}$ , скорости навивки каната  $v_{\kappa} = v_{\text{зр}} i_{\text{пол}}$  и КПД лебедки  $\eta_{\text{леб}} = 0,8$ :

$$N_{\text{дв}} = \frac{P_{\kappa} v_{\kappa}}{1000 \eta_{\text{леб}}}.$$

Таблица 18 – Размеры профиля канавок на барабане лебедок, мм

Диаметр каната	Радиус канавки барабана $r$	Толщина стенки барабана $h$	Шаг нарезки $t$	$d_k$	$r$	$h$	$t$
7,4...8	4,5	2,5	9,0	20,0...21,5	12,0	6,5	24
9...8	5,0	3,0	10,0	21,5...23,0	12,5	7,0	26
9...10	5,5	3,0	11,0	23,0...24,5	13,5	7,5	28
10...11	6,0	3,5	12,5	24,5...26,0	14,0	8,0	29
11...12	6,5	3,5	13,5	26,0...27,5	15,0	8,5	32
12...13	7,0	4,0	15,0	27,5...29,0	16,0	9,0	34
13...14	7,5	4,5	16,0	29,0...31,0	17,0	9,5	36
14...15	8,5	4,5	17,0	31,0...33,0	18,0	10,0	38
15...16	9,5	5,0	18,0	33,0...35,0	19,0	10,5	40
16...17	9,5	5,5	19,0	35,0...37,5	21,0	11,5	42
17...18	10,0	5,5	20,0	37,5...40,0	23,0	12,0	44
18...19	10,5	6,0	22,0	40,0...42,0	23,0	13,0	48
19...20	11,0	6,0	23,0	42,5...45,5	25,0	14,0	50

Выбрать двигатель нужно по табл. 9 в соответствии с вычисленной мощностью.

Таблица 19 – Основные характеристики электродвигателей грузовых лебедок башенных кранов КБ и кранов МСК

Электродвигатель	КБ-100	КБ-160.2	КБК-160.2	МСК-5-20А	МСК-10-20-
Марка	МТВ-411-8	МТВ-412-6с	МТВ-412-6с	МТВ-412-8; МТК-111-6	МТВ-412-8; МТК-112-6
Мощность, кВт	30	30	30	22 и 15	22 и 5
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	11,83	16,1	16,1	11,9 и 14,58	11,9 и 14,58

Таблица 20 – Основные характеристики электродвигателей грузовых лебедок специальных и козловых кранов

Электродвигатель	К-309	МКСК-80	СКК-2Х32
Марка	МТ-51-8	МТ-51-8	МТ-61-8
Мощность, кВт	22	2х22	2х45
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	12,05	12,05	12,05

Таблица 21 – Основные характеристики электродвигателей грузовых лебёдок подъемников

Электродвигатель	ТП-3А	ТП-4	ТП-2	ТП-5	ТП-7
Марка	АО-2-31-4	АОС-42-2	АОС-42-2	АОС-52-4	АОС-42-2
Мощность, кВт	2,2	2,8	2,8	7	2,8
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	22,7	44,5	44,5	22,25	44,5

6. Подобрать редуктор.

Передаточное число редуктора

$$u = \frac{n_{\partial\partial}}{n_{\partial}}$$

где  $n_{\partial\partial}$  – частота вращения вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;  $n_{\partial}$  – частота вращения барабана, мин<sup>-1</sup>:

$$n_{\partial} = \frac{60v_{\kappa}}{\pi[D_{\partial} + d_{\kappa}(2m-1)]}.$$

Редуктор выбирают по расчетному передаточному числу и частоте вращения вала двигателя  $n_{\partial\partial}$  в соответствии с заданным режимом лебедки по табл. 9.5, где указана мощность на ведущем валу редукторов.

7. В соответствии с вариантом и произведенным расчетом лебедки определить тип грузоподъемной машины. Для этой цели следует использовать одну из таблиц (табл. 19-21), где даны характеристики электродвигателей механизмов подъема грузов башенных кранов КБ и кранов МСК, электродвигателей козловых кранов, электродвигателей строительных подъемников.

## Практическое занятие № 6

### Упражнение 1. Выбор рабочих режимов машины ударного действия для разрушения различных рабочих сред

**Содержание:** выбрать схему работы машины, тип рабочего органа и характеристики рабочих сред; рассчитать удельное сопротивление рабочей среды разрушению; определить силу сопротивления рабочей среды разрушению, частоту ударов, глубину внедрения рабочего органа за один удар, мощность двигателя и производительность машины; определить эксплуатационную производительность машины.

Исходные данные для расчета принимают согласно варианту по табл. 22.

Таблица 22 – Исходные данные

№ варианта	Рабочий орган			Глубина разрушения $h$ , м	Вид оборудования по рис. 22.2	Характеристика рабочей среды					Примечание
	форма по рис. 5	$d$ , мм	$\alpha$ , град			Название	$\sigma$ , МПа	$\epsilon$	$I$ , т/м <sup>3</sup>	$\mu$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	а	70		0,4	а	Мерзлый грунт $t = -5^{\circ}\text{C}$	2,8	0,03	2,7	0,3	$v = 5 \text{ м/с}$ $T = 400 \text{ кг}$
2		70	-	0,5			2,9	0,03	2,8	0,3	
3		70	-	0,4			3,0	0,03	2,9	0,3	
4		70	-	0,5			3,1	0,03	3,0	0,3	
5	б	60	60	0,3	в	Мерзлый грунт $t = -10^{\circ}\text{C}$	3,5	0,02	3,1	0,28	$v = 6 \text{ м/в}$ $m = 400 \text{ кг}$
6		60	65	0,4			3,6	0,02	3,2	0,28	
7		60	65	0,5			3,7	0,02	3,3	0,28	
8		60	65	0,6			3,8	0,02	3,5	0,28	

Продолжение таблицы 22

1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	а	80	65	0,2	б	Мерзлый грунт $t = -20^{\circ}\text{C}$	4,0	0,01	3,7	0,25	$v = 7 \text{ м/с}$ $m = 400 \text{ кг}$
10		80	50	0,3			4,1	0,01	3,8	0,25	
11		80	40	0,4			4,2	0,01	3,9	0,25	
12		80	70	0,5			4,3	0,01	4,0	0,25	
13	а	90	80	0,3	б	Бетон	3,0	0,07	2,8	0,18	$v = 5 \text{ м/с}$ $m = 300 \text{ кг}$
14		90	90	0,4			4,0	0,08	2,9	0,16	
15		90	100	0,5			5,0	0,08	3,0	0,15	
16		90	110	0,2			5,5	0,08	3,1	0,17	
17	б	60	60	0,2	а	Бетон	0,5	0,08	3,2	0,15	$v = 5 \text{ м/с}$ $m = 300 \text{ кг}$
18		60	55	0,3			6,5	0,06	3,2	0,17	
19		60	60	0,4			7,0	0,06	3,3	0,16	
20		70	60	0,5			7,5	0,05	3,4	0,17	
21	а	60	-	0,2	г	Гранит	6,0	0,08	3,0	0,13	$v = 4 \text{ м/с}$ $m = 800 \text{ кг}$
22		60	-	0,3			7,0	0,07	3,5	0,14	
23		60	-	0,3			8,0	0,06	4,0	0,14	
24		60	-	0,3			8,2	0,05	4,5	0,15	
25	в	150	45	0,5	в	Суглинок		0,05	1,1	0,3	$C = 0,08$ МПа $k_2 = 0,14$ $v = 3 \text{ м/с}$ $W = 0,26$ $v_m = 0,2$ м/с $m = 3500 \text{ кг}$
26		150	45	0,6				0,05	1,2	0,3	
27		160	45	0,5				0,05	1,5	0,3	
28		160	40	0,6				0,05	1,2	0,3	
29		160	40	0,5				0,05	1,1	0,3	
30		160	40	0,5				0,5	1,2	0,3	
31		160	45	0,6				0,05	1,2	0,3	
32		170	45	0,5				0,5	1,3	0,3	
33	а	60	60	0,4	г	Извест- няк	1,8	0,018	2,5	0,23	$v = 3 \text{ м/с}$ $m = 800 \text{ кг}$
34		60	65	0,5			1,9	0,019	2,8	0,24	
35		60	65	0,5			1,7	0,017	2,4	0,21	
36		60	65	0,4			11,6	0,014	2,3	0,21	

### Методика расчета

Основными характеристиками сред при выборе машин для их разрушения служат: динамическое сопротивление, геометрические параметры рабочего органа, кинематические параметры машины, производительность машины и технологические условия.

Динамическое сопротивление сред характеризуется скоростью перемещения деформации в среде  $U$ , модулем деформации среды  $E$ , коэффициентом поперечной деформации  $\mu$ , пределом прочности  $\sigma$ , коэффициентом относительной деформации  $\varepsilon$ , плотностью  $I$ , сцеплением  $C$ , коэффициентом сцепления  $k_c$ , пористостью  $n$ , влажностью  $W$ , углом наклона боковых частей зоны разрушения  $\gamma = 26...32^\circ$ .

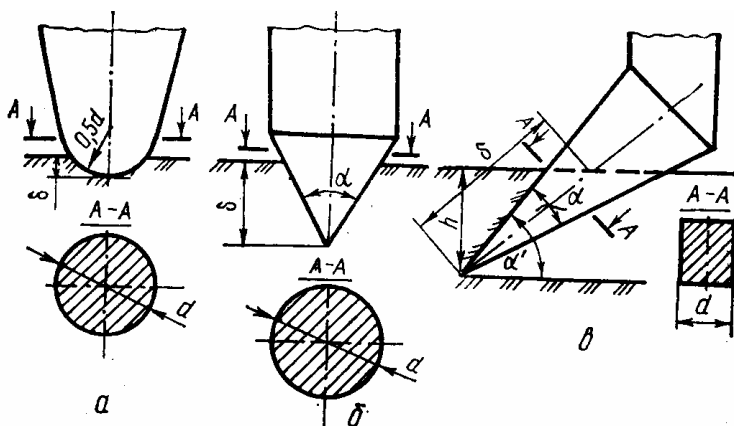


Рис. 5 – Рабочие органы:

а – сферический; б – конический; в – клиновой

Геометрические параметры рабочего органа характеризуются: шириной  $b$ , углом заострения  $\alpha$ , площадью контакта  $S$ , видом рабочей поверхности (цилиндрическая, сферическая, коническая, плоская, клиновая), коэффициентом заострения рабочего органа  $k_\alpha$ .

Кинематические параметры машины определяются; энергией единичного удара  $E_{y0}$ , траекторией движения рабочего органа, скоростью  $v$  внедрения рабочего органа, частотой ударов  $\omega$ , рабочей скоростью машины  $v_m$ , глубиной внедрения  $\delta$ , массой рабочего органа  $m$ .

Технологическими условиями для данного упражнения являются:  $l_{ин} = 1,26$  – шаг расстояния между двумя последовательными

ударами (для машин циклического действия), м;  $l_3 = 2b$  – расстояние между параллельными проходами (для машин циклического действия), м;  $k_e = 0,8$  – коэффициент использования машин по времени;  $t_u$  – время цикла, с;  $t_u = 10 \dots 20$  – время перемещения машины с одной стоянки на другую, с;  $t_3$  – время забивки рабочего органа на заданную глубину рыхления, с;  $k_{пер} = 0,85$  – коэффициент перекрытия зон рыхления;  $k_x$  – коэффициент характера проходов ( $k_x = 1$  при параллельных проходах;  $k_x = 2$  при перекрестных проходах);  $n_n$  – число проходов.

1. Скорость перемещения деформаций в среде:

$$U = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{1(1-\mu-2\mu^2)}},$$

где

$$T = \frac{\sigma}{\varepsilon}(1-2\mu).$$

2. Удельная сила сопротивления среды динамическому нагружению для прочных сред (мерзлоты, бетонов, гранитов, известняков):

$$K_D = I v^2 + \sigma \varepsilon;$$

для сред слабых (суглинков, супесей, почв)

$$K_D = \frac{\gamma}{g}(1-n)(1+W)v^2 + \sigma \varepsilon,$$

где  $\gamma = (1-n)(1+W)$  – удельный вес грунта.

3. В зависимости от производительности и технологических условий определить время цикла для машин циклического действия с вертикальным направлением рабочего органа:

$$t_u = t_n + t_3.$$

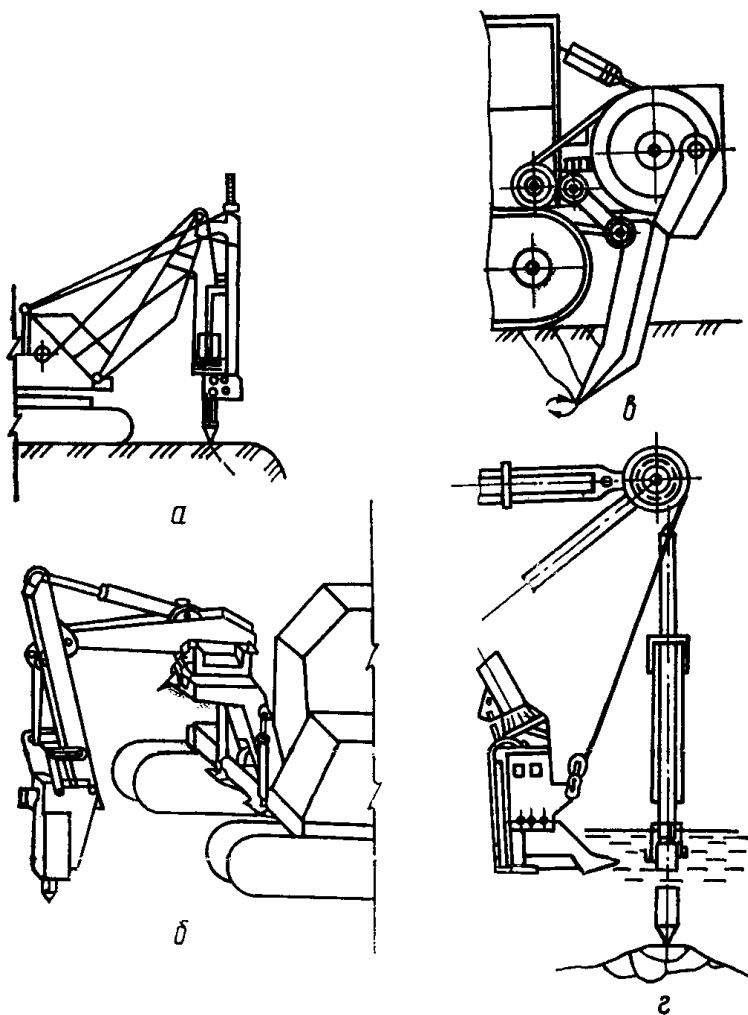


Рис. 6 – Виды рабочего оборудования:  
а – дизель-молот; б – гидромолот; в – частотударный рыхлитель;  
г – подводный клин-молот

Время забивки рабочего органа на заданную глубину разрушения  $t_3 = \frac{h}{v}$ .



4. Определить площадь контакта рабочего органа со средой:

а) для сферического рабочего органа (рис. 5, а) вертикального действия

$$S = \pi l \delta ,$$

где  $\delta$  – глубина внедрения за один удар:

$$\delta = \frac{mv^3 k_{\alpha}}{\pi UK_{\text{Д}} h d} ,$$

Здесь  $m$  – масса рабочего органа и  $v$  – скорость его внедрения (см. табл. 22);

б) для конусообразного вертикального рабочего органа (рис. 6, б)

$$S = \frac{\pi l \delta}{4 \cos \frac{\alpha}{2}} ;$$

$$\delta = \frac{4m v^3 k_{\alpha} \cos \frac{\alpha}{2}}{\pi d h UK_{\text{Д}}} ;$$

в) для клинового рабочего органа непрерывного действия (рис. 6, в)

$$S = \frac{\pi l}{\sin \alpha'} .$$

5. Динамическое сопротивление среды разрушений

$$P = \frac{UK_{\text{Д}} S}{2 \nu k_{\alpha}} .$$

Коэффициент заострения рабочего органа для сферических рабочих органов  $k_{\alpha} = 1,1-1,3$ .

6. Частота ударов

$$\omega = \sqrt{\frac{v^2}{2\delta^2}}.$$

7. Мощность двигателя

$$N = P v.$$

8. Производительность эксплуатационная, м<sup>3</sup>/ч:  
для машин циклического действия

$$P_{\text{э}} = h l_w l_3 k_6 \cdot \frac{3600}{t_u};$$

для машин непрерывного действия

$$P_{\text{э}} = F v_m k_{\text{неп}} \frac{k_6}{k_{\gamma} n_n} \cdot 3600,$$

где  $F = S + 1,5h^2$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гузенков П.Г. Детали машин. – М.: Высш.шк., 1982. – 351с.
2. Строительные машины. Сборник упражнений: Уч. пособие / В.Л. Баладинский, И.А. Емельянова, В.Н. Смирнов. – К.: Вища шк., 1990. – 151 с.
3. Устиненко В.Л., Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Основы проектирования деталей машин. – Харьков: Вища шк, 1983. – 181 с.

## Навчальне видання

Методичні вказівки для самостійної роботи, виконання практичних завдань і розрахунково-графічної роботи з дисципліни **«БУДІВЕЛЬНА ТЕХНІКА»** (для студентів 2-4 курсів усіх форм навчання і слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво» спеціальності 7.092108 (7.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція»).

Укладач Гапонова Людмила Вікторівна

Відповідальний за випуск доц., к.т.н. *А. В. Ромашко*

Редактор *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2008, поз. 243 М

---

Підп. до друку 19.09.2008 р.	Формат 60х84 1/16
------------------------------	-------------------

Друк на ризографі.	Ум. друк. арк. 2,6
--------------------	--------------------

Зам. №	Тираж 100 пр.
--------	---------------

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 731 від 19.12.2001